

## Walnüsse

Anbau, Ernte und Verarbeitung bei kleinen Produktionsmengen





**Auf vielen landwirtschaftlichen Betrieben stehen vereinzelt Walnussbäume, in der Schweiz Baumnüsse genannt. Auch mit den damit verbundenen kleinen Erntemengen können Landwirtschaftsbetriebe ihr Hofprodukteangebot ergänzen. Die richtige Trocknung, Weiterverarbeitung und Lagerung ist in jedem Fall entscheidend für eine erfolgreiche Vermarktung und eine einwandfreie Produktqualität.**

Die Walnuss hat auch Potential für einen Anbau im grösseren Stil. Wachsende regionale Anbauflächen bieten eine sinnvolle Alternative zu Importen über teilweise lange Strecken. Gleichzeitig sind Absatzwege und Verarbeitungstechniken bereits etabliert. Über Dienstleistungsangebote oder bestehende Genossenschaften können neue Produzent\*innen davon profitieren.

In den vielerorts neu etablierten Agroforstanlagen sind Walnussbäume eine häufig gewählte Baumart. Sie können sowohl Früchte, als auch wertvolles Walnussholz liefern. Für beides ist jedoch Geduld gefragt: Je höher der Kronenansatz, desto länger dauert es bis zum Vollertrag der Nüsse, häufig rund zehn Jahre. Über die Holzernnte freuen sich nachfolgende Generationen.

Der Nussanbau ist im Normalfall nur etwa bis 1000 Meter über Meereshöhe möglich. Günstige klimatische Lagen und für Höhenlagen geeignete Sorten können einen Anbau weiter oben ermöglichen.

## **Inhalt**

Biologie und Physiologie .....	3
Sortenempfehlung für den Schweizer Biolandbau .....	8
Pflanzung und Pflege .....	10
Krankheiten und Schädlinge .....	16
Vorgehen und Technik bei der Ernte .....	20
Nacherntebehandlung .....	22
Lagerung und Verarbeitung .....	25

## Biologie und Physiologie

Die echte Walnuss *Juglans regia* kommt ursprünglich aus einem Gebiet zwischen dem östlichen Mittelmeerraum und Zentralasien, sie wird jedoch bereits seit der Römerzeit in Mitteleuropa kultiviert. Es handelt sich um eine lichtliebende Baumart. Das in verschiedenen Pflanzenteilen enthaltene Juglon wirkt unter anderem durch den Laubfall keimhemmend auf einige andere Pflanzenarten.

Die Nüsse entstehen ausschließlich an einjährigen Trieben. Je nach Sorte wachsen pro Blütenstand zwischen einer und bis zu drei Nüssen. Besonders frühe Walnussorten sind empfindlich auf Spätfrost: Schon leichter Frost kann nach dem Austrieb erhebliche Schäden verursachen.

Bei der Walnuss hängt der Reifezeitpunkt stark von der Blütezeit ab: Dazwischen liegen im Durchschnitt etwa 145 Tage. Dieser Zeitraum kann je nach klimatischen Bedingungen um eine Woche variieren. Es gibt nur wenige Sorten mit einem kürzeren Zyklus.

### Wesentliche Sortenunterschiede

- **Terminaltragend:** Nüsse entwickeln sich nur an den Endknospen.
- **Lateraltragend:** Nüsse entwickeln sich auch an den Seitenknospen.
- **Intermediäre Mischtypen** können lateral- bis terminaltragend ausgeprägt sein und bis zu drei Blütenknospen an der Triebspitze entwickeln.



Terminaltragende Sorten wachsen zu grossen Bäumen heran.

### Terminaltragende Sorten

Terminaltragende Sorten ergeben große landschaftsprägende Bäume mit spätem Ertragsbeginn. Erste Nüsse gibt es im vierten bis fünften Jahr, der Vollertrag kann nach 10 bis 20 Jahren erwartet werden. Die Bäume können im Freiland mehr als 20 Meter hoch werden. Im Allgemeinen weisen terminaltragende Sorten einen geringeren Flächenertrag auf als lateraltragende.

Diese Sorten eignen sich bestens für die Holzproduktion. Die meisten Walnussorten und auch die forstlich genutzten Walnussbäume sind terminaltragend. Bei Frostschäden wachsen die Knospen zwar wieder, aber sie bilden beim zweiten Austrieb in der Regel keine weiblichen Blüten und damit auch keine Nüsse mehr aus dem Terminalknospen.

### Lateraltragende Sorten

Der Vollertrag setzt früh ein und kann nach 10 bis 12 Jahren erwartet werden. Die Bäume bleiben mit 6 bis 9 Metern deutlich niedriger als terminaltragende Sorten. Erste Nüsse gibt es bereits im vierten Jahr ab der Pflanzung.

Obwohl sie kleiner sind, erzielen lateraltragende Bäume einen höheren Flächenertrag als terminaltragende. Sie sind besonders für frostgefährdete Gebiete geeignet, weil sie bei einem Neuaustrieb nochmals weibliche Blüten und somit Nüsse produzieren. Umgekehrt werden jedoch keine männlichen Blüten mehr produziert, weshalb es bei Frostschäden zwingend späte Bestäubersorten braucht.



Lateraltragende Sorten kommen früher in den Ertrag.

## Bestäubung

Walnussbäume sind einhäusig, das heißt eine Pflanze bildet sowohl männliche als auch weibliche Blüten aus. Die Möglichkeit für die Bestäubung der eigenen Blüten ist bei den meisten Sorten nicht gegeben. Das liegt an der geringen Haltbarkeit der Pollen, der kurzzeitigen Empfänglichkeit der Narben und der oft unterschiedlichen Zeitpunkte zwischen der vollen männlichen und weiblichen Blüte einer Sorte. In der Sortenliste auf Seite 8 sind nur die Sorten als selbstfruchtbar (SF) gekennzeichnet, bei denen sich die männliche und weibliche Blüte um mindestens drei Tage überschneidet.

### Befruchtung sicherstellen

Die Bestäubung erfolgt ausschließlich durch den Wind. Ideale Bedingungen dafür sind moderate Temperaturen und leichte Luftbewegungen. Sofern die Hauptwindrichtung stimmt und ein anderer Walnussbaum mit ähnlicher Blütezeit im Umkreis von einem Kilometer steht, ist die Befruchtung kein Problem.

Junge Bäume tragen oft zunächst nur weibliche Blüten, erst später bilden sie auch männliche Blüten aus.

### Befruchterbäume

Befruchterbäume bieten Sicherheit, vor allem in sortenreinen Nussplantagen: 5 % Bäume einer Befruchtersorte sind ausreichend. Wenn die Befruchtersorte sich nur zu einem Teil mit der Blütezeit der Hauptsorte deckt, kann eine zweite Befruchtersorte notwendig sein. In diesem Fall werden 7 bis 8 % Befruchterbäume empfohlen.

Bei der Wahl der Bestäubersorten sollte man sich von einer Baumschule beraten lassen. In Frankreich werden aufgrund der höheren Dichte von Walnussbäumen in der Landschaft deutlich weniger Befruchterbäume pro Hektar empfohlen als in der Schweiz.



Der Walnussbaum in Meinier (GE) beeindruckt durch seine Dimensionen: 35 Meter hoch, eine Krone mit einem Umfang von 113 Metern und ein Stammumfang von über 6 Metern in einem Meter Höhe. Der Baum wurde in 1863 gepflanzt und gilt als ältester Hybrid-Nussbaum der Schweiz. Der Riese ist eine Kreuzung zwischen einem Walnussbaum und einem nordamerikanischen Schwarznussbaum, der vor allem als Lieferant von Nutzholz dient.

## Überbestäubung

Eine Überbestäubung kann bei bestimmten Sorten innerhalb einer Woche zu einem vorzeitigen Fruchtfall durch Abtreibung der Stempelblüten führen (Pistillate Flower Abortion PFA). Diese Anzeichen sind nicht zu verwechseln mit dem Abfallen der nicht befruchteten Blüten drei bis vier Wochen nach der Blüte. Das Phänomen der Überbestäubung tritt in der Regel nur in Plantagen auf und kann bei anfälligen Sorten zu erheblichen Ernteverlusten führen.

Im Gegenteil zum Kern- oder Steinobst können bei Nussbäumen unter optimalen Bedingungen 100 % der Blüte zu Nüssen heranreifen.

## Praxisbeispiel

## Walnussproduktion – Betriebsumstellung mit langer Anlaufzeit

**Standort:** Malans, Graubünden

**Bäume:** 1300 Walnussbäume

**Wirtschaftsform:** Bio

**Weitere Betriebszweige:** Rinder, Bio-Weide-Beef

Familie Janggen in Malans, Graubünden, betreibt eine der grössten Biowalnussproduktionen der Schweiz. Auf drei südexponierten Hektar hat Familie Janggen seit 2011 insgesamt 1300 Walnussbäume gepflanzt. Das anfallende Grünfutter der Flächen nutzen sie für die Produktion von Biorindfleisch.

Nach der Anlage ihrer Walnusskultur dauerte es rund zehn Jahre, bis die Bäume im vollen Ertrag waren. Der lange Zeitraum zwischen Investition und Ernte ist eine betriebswirtschaftliche Herausforderung. Familie Janggen hat diese Zeit durch einen gestaffelten Anbau der Walnussbäume und den Zusammenschluss mit anderen walnussproduzierenden Betrieben in der «swiss nuss» Genossenschaft überbrückt. Seit wenigen Jahren ist die Ernte auf dem Betrieb der Janggens zufriedenstellend ertragreich – vorausgesetzt die Witterung stimmt. Auf einigen Flächen hat Familie Janggen mit einer hohen Baumdichte (> 100 Bäume/ha) bewusst auf den Zuschuss für Biodiversitätsförderflächen (BFF) verzichtet, um einen höheren Flächenertrag zu

## Unterlagen und Veredelung

Die Veredelung von Nussbäumen wird erst seit ungefähr 1850 praktiziert. Ein veredelter Nussbaum besteht aus einer Wurzelunterlage und einer Edelsorte. Als Unterlagen werden Sämlinge ebenfalls von *Juglans regia* verwendet.

Damit Nussveredelungen gelingen, sind konstante Temperaturen von 25 bis 30 °C und eine hohe Luftfeuchtigkeit nötig. Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen ist ein erfolgreiches Veredeln im Freiland praktisch nicht möglich. Die Anzucht von veredelten Nussbäumen erfolgt daher im Gewächshaus und durch Fachleute. Schwachwachsende Wurzelunterlagen gibt es bei Nussbäumen nicht.



Die Walnussproduktion auf dem Familienbetrieb ist ein Gemeinschaftswerk: Johannes, Maja und Andris Janggen mit ihren Walnussbäumen.

erzielen. Johannes Janggen ist überzeugt: «Mit einem engen Baumabstand können wir einen höheren Erlös aus den Nüssen erzielen als mit weniger Bäumen und BFF-Beiträgen».

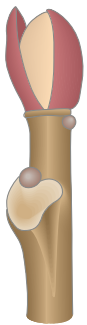
Auf dem Betriebsgelände in Malans steht auch die genossenschaftliche Nussknackerei von «swiss nuss», einem Zusammenschluss von Bäuerinnen und Bauern aus den Kantonen Graubünden, St. Gallen und Luzern zur regionalen Verarbeitung und Vermarktung der Walnüsse. Familie Janggen hat sich von Beginn an stark für die Genossenschaft engagiert. «Swiss nuss» wird von den Kantonen und öffentlichen Stellen finanziell unterstützt und ist inzwischen mit ihren Produkten auf dem Schweizer Markt etabliert.

# Phänologie

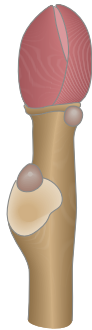
Um wirksame Pflanzenschutz- und Pflegemaßnahmen ergreifen und die Bestäubung richtig einschätzen zu können, muss das jeweils aktuelle Entwicklungsstadium des Baumes bekannt sein.

Sogenannte Phänologiestadien definieren einzelne Entwicklungsschritte im Jahresverlauf anhand visueller Erkennungsmerkmale. Im Folgenden sind wesentliche Stadien der weiblichen und männlichen Blütenstände dargestellt.

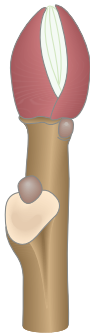
## Weiblicher Blütenstand



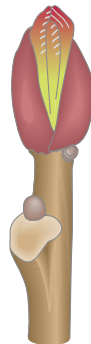
**Af**  
Winterknospe  
(Vegetationsruhe)



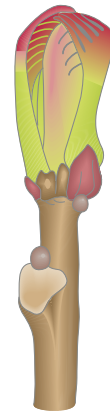
**Af2**  
Abfallen der  
äußeren Schuppen



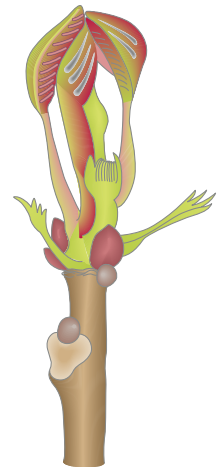
**Bf**  
Knospenschwellen



**Cf**  
Knospenaufbruch

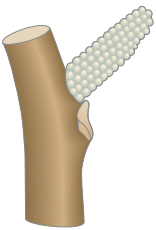


**Cf2**  
Erste Blätter  
individualisieren  
sich

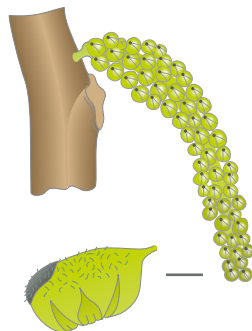


**Df**  
Individualisierung  
der Fiederblättchen

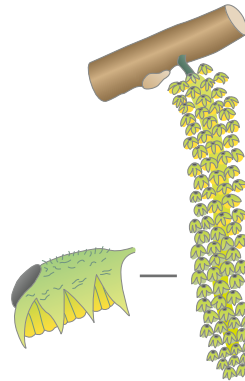
## Männlicher Blütenstand



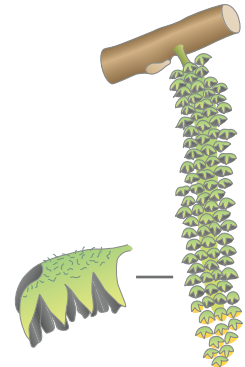
**Bm**  
Knospenschwellen



**Dm2**  
Knospenaufbruch



**Fm**  
Beginn Blüte



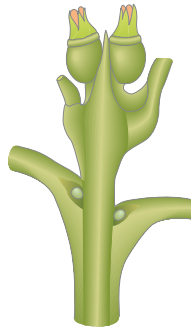
**Gm**  
Ende Blüte (Verbraung)



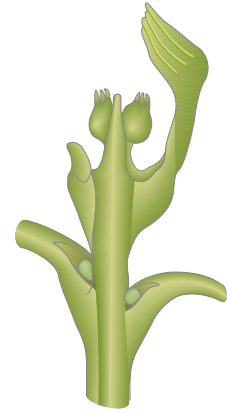
**Df2**  
Blattentfaltung

### Weiblicher Blütenstand

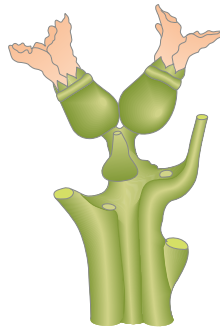
Vergrößerung von Df2



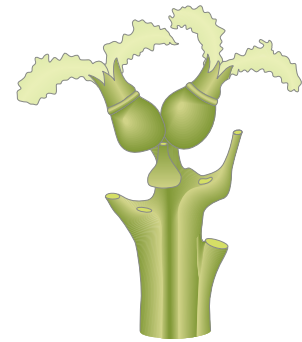
**Ef**  
Erscheinen der weiblichen Blühorgane



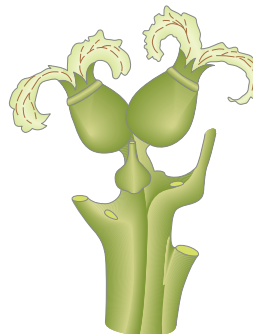
**Ff**  
Erscheinen der Narbe



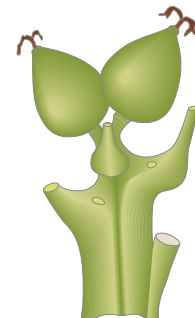
**Ff1**  
Narbenlappentrennung



**Ff2**  
Narbenlappen vollständig zurückgebogen



**Ff3**  
Beginnende Verbraunung der Narbenlappen



**Gf**  
Narbenlappen ganz abgetrocknet

## Sortenempfehlung für den Schweizer Biolandbau

Die Tabelle gibt einen Überblick über mögliche robuste Sorten für den Bionussanbau in Mitteleuropa. Ab 900 Meter über dem Meeresspiegel sind

aufgrund von Frost nur noch mittelfrüh bis spät blühende Sorten zu empfehlen.

**Tabelle 1: Robuste Walnussorten, geordnet nach Erntezeitpunkt**

Sorte	Herkunft	Wuchs	Fruchtansatz	Ertragseintritt	Austrieb	Befruchtung	Erntezeit
<b>Kappeler (Bijounuss)</b>	Schweiz	mittelstark	terminal	spät	früh	Bn	E9
<b>Sheinovo</b>	Bulgarien	stark	terminal	spät	sehr früh	Bn	E9-A10
<b>Adams 10</b>	USA	stark	terminal	mittelfrüh	mittel	Bn	A10
<b>Ronde de Montignac</b>	Frankreich	mittel	terminal	mittel-spät	spät	SF	A10
<b>Babenthal</b>	Schweiz	mittelstark	terminal	mittelspät	spät	Bn	A10
<b>Ferouette</b>	Frankreich	schwachmittel	lateral	sehr früh	mittel-spät	Bn	A10
<b>Broadview</b>	Ukraine	schwachmittel	lateral	früh	mittel	SF	A10-M10
<b>Coenen</b>	Niederlande	stark	terminal	früh	spät	mBb	A10-M10
<b>Fernor</b>	Frankreich	schwach	lateral	sehr früh	sehr spät	SF	A10-M10
<b>Franquette</b>	Frankreich	stark	terminal	spät	sehr spät	Bn	A10-M10
<b>Parisienne</b>	Frankreich	k.A.	terminal	k.A.	sehr spät	mBb	A10-M10
<b>Scharsch</b>	USA	mittelstark	terminal	spät	mittel	Bn	A10-M10
<b>Sibisel 44</b>	Rumänien	mittel	terminal	früh	spät	mBb	A10-M10
<b>Meylanaise</b>	Frankreich	mittelschwach	terminal	spät	sehr spät	SF	M10

**Weitere robuste Schweizer Sorten mit guten Erträgen:**

Ecoteaux, Nyffenegger, Allaman, Nax, Corbeyrier, Igis Birkholz, Coeuve (Bijoux-Nuss), Kappeler (Bijoux-Nuss), Pont-la-Ville (Bijoux-Nuss), Rote Gublernuss |

**Weitere Sorten:**

Manelsa (schwache Schale), Mars (nur mit Bewässerung empfohlen)

**Befruchtung:**

**Bn** Befruchtersorte notwendig  
**SF** Selbstbefruchtend  
**mBb** knapp selbstbefruchtend, bessere Erfolge mit Befruchtersorte

**Erntezeit:**

**E9** Ende September  
**A10** Anfang Oktober  
**M10** Mitte Oktober



	<b>Erntemenge</b>	<b>Nussgrösse</b>	<b>Kernanteil (%)</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Sorte</b>
	hoch	sehr gross	ca. 41	Sehr robust mit jährlich gutem Ertrag	<b>Kappeler (Bijounuss)</b>
	mittel	mittel-gross	47-49	Sehr gute Krankheitsresistenz; leicht zu öffnen; erträgt tiefe Wintertemperaturen	<b>Sheinovo</b>
	hoch	gross	44-48	Sehr gesundes Laub; Sorte stammt aus Oregon mit ähnlichen Klimaverhältnissen wie in der Schweiz	<b>Adams 10</b>
	hoch	klein-mittel	45-50	Sehr gute Ölnuss; hohe Krankheitsresistenz; sehr gute Befruchtersorte für spät und sehr spätblühende Sorten (Franquette, Fernor)	<b>Ronde de Montignac</b>
	mittel	mittel-gross	41	Sehr gesundes Laub; stammt sehr wahrscheinlich von einem Franquette Sämling	<b>Babenthal</b>
	hoch	gross	47-49	Eine der robustesten lateraltragend Sorten; sehr homogene Nussgrösse	<b>Ferouette</b>
	sehr hoch	mittel	46-49	Sehr winterfrosthart, bis -30°C; sehr hohe Krankheitsresistenz; eine der robustesten lateral tragenden Sorten mit hohen Erträgen; vorkommende Apomixie (Nussbildung ohne Befruchtung); gute Befruchtersorte für Coenen	<b>Broadview</b>
	mittel-hoch	mittel-gross	45-48	Robust mit hoher Fruchtbarkeit	<b>Coenen</b>
	hoch	mittel-gross	47-49	Sehr gebräuchliche Sorte in Frankreich; robust; gute Befruchtersorte für Ferouette	<b>Fernor</b>
	mittel-hoch	mittel-gross	43-48	Standardsorte unter den terminaltragenden; Toleranz gegenüber Walnussfruchtfliege; robust	<b>Franquette</b>
	mittel-hoch	mittel	40-45	Grenobler Nuss	<b>Parisiene</b>
	mittel-hoch	mittel-gross	43-48	Kalifornische Selektion aus Franquette; Nuss ähnlich, hohe Toleranz gegenüber Nussfruchtfliege; etwas anfälliger als Franquette für Blattkrankheiten	<b>Scharsch</b>
	mittel-hoch	gross	40-44	gute Krankheitsresistenz; Nussspitze gleicht einer Delphinase; besonders milde Nuss; lässt sich gut von Hand öffnen	<b>Sibisel 44</b>
	mittel	mittel	40-45	robust; Befruchtersorte für Franquette und Parisienne; süssliche Nuss mit wenig Bitterstoffen	<b>Meylanaise</b>

## Pflanzung und Pflege

### Standortwahl

Voraussetzung für die Walnusskultur ist eine gute Nährstoffversorgung. Magere Standorte mit wenig oder ohne Düngung sind für Starkzehrer wie Walnussbäume absolut ungeeignet. Sie benötigen an solchen Standorten deutlich mehr Zeit, um die gleiche Größe zu erreichen wie Bäume, die ausreichend mit Nährstoffen versorgt sind.

Prinzipiell gehören Walnussbäume eher nicht auf Dauerweiden. Die ständige Trittbelastung der Wurzeln führt zu erheblichen Beeinträchtigungen des Wachses oder gar zum frühzeitigen Absterben des Baumes. Bei gelegentlicher Beweidung muss ein Verbisschutz aus Pfählen und Maschendraht angebracht werden.

Die Wasserversorgung ist für den Nussanbau zentral, so sollten Sand und Kiesböden aufgrund ihres geringen Wasserspeichervermögens gemieden werden. Am besten eignen sich humose, tiefgründige Böden. Staunässe wiederum vertragen Nussbäume jedoch auch nicht gut: Regenreiche Jahre an schlecht drainierten Standorten können zum Absterben der Bäume führen.



Ein Pflanzlochbohrer kann die Arbeit erleichtern. Je nach Grösse der Pflanzen gibt es auch kleinere Handgeräte, die mit einem Schlagschrauber betrieben werden.

### Pflanzung

Wurzelnackte Bäume werden entweder im Herbst oder im Frühjahr gepflanzt. Eine Herbstpflanzung bietet gegenüber einer Pflanzung im Frühjahr einen schnelleren Austrieb im Frühjahr, einen besseren Bodenschluss durch Winterfröste und dadurch häufig eine bessere Wasserversorgung.

#### Arbeitsschritte

- Wurzel der Walnussbäume vor Frost und Austrocknung schützen (Erdeinschlag, Wässern), auch beim Transport
- Ausreichend großes Pflanzloch ausheben – bei einem 2 m hohen Baum circa 50 cm tief und breit; ggf. Pflanzlochbohrer einsetzen (bei großer Anzahl)
- Den Pfahl im Pflanzloch in den Unterboden einschlagen. Der Pfahl sollte bis circa 10 cm unter den künftigen Kronenansatz reichen.
- Die dickeren und die verletzten Wurzeln des Baumes zur Förderung der Saugwurzelbildung massvoll bis ins gesunde (weisse, saftige) Gewebe zurückschneiden
- Zur Vermeidung von Frostrissen den Baum auf der Nordwestseite des Pfahls platzieren (in starken Westwindlagen auf der Ostseite)
- Wurzeln etagenweise sauber nach aussen legen
- Die Wurzeln möglichst ohne Hohlräume mit Oberbodenerde bedecken.
- Erde bis 5 cm über der Wurzelansatzstelle und 10 bis 20 cm unter der Veredelungsstelle auffüllen.
- Den Baum nicht zu straff am Pfahl festbinden
- Pro Baum mit circa 10 l Wasser angießen
- Kompost- oder Misting um den Baum anlegen; Düngergabe gelegentlich wiederholen
- Die ersten fünf Jahre eine Baumscheibe mit circa 50 cm Radius von Gras und Beikraut freihalten

Ein- bis zweijährige Jungbäume besitzen häufig nicht verholzte Triebspitzen, die bei schockartiger Kälte absterben können. Deshalb wird empfohlen diese Ruten im ersten und eventuell auch im zweiten Winter mit Jute oder ähnlichem Material mehrlagig einzupacken. Bei Bäumen mit Seitenästen genügt es, nur den Stamm einzupacken.

Der Jungbaum sollte im ersten Jahr – je nach Sorte und Größe der Pflanzen – circa 30 cm wachsen. Im Folgejahr bilden gesunde Bäume bereits 50 bis 100 cm lange Triebe.

## Pflanzdichte

Die Pflanzdichte hat einen Einfluss auf mögliche kombinierte Nutzungen. Bei einer futterbaulichen Unternutzung trägt ein weiter Pflanzabstand dazu bei, dass die Grasnarbe genügend Licht erhält. Verzichtet der Betrieb hingegen auf eine Unternutzung und will möglichst schnell zum Vollertrag kommen, ist eine hohe Pflanzdichte sinnvoller. Das Ertragspotential einer Fläche kann ab 150 Bäumen pro Hektar oder mehr (lateraltragende Sorten) ausgeschöpft werden. Eine Baumdichte von mehr als 250 Bäumen pro Hektar ist in mitteleuropäischen Verhältnissen wenig sinnvoll.

Aber Achtung: Dichtere Bestände produzieren im Vollertrag nicht mehr Walnüsse, sondern vor allem früher. Je dichter die Kultur, desto größer ist auch der Krankheits- und Schädlingsdruck. Deshalb ist es umso wichtiger, dass die Kultur nach einem Regen schnell abtrocknen kann, wie es zum Beispiel an sonnigen, exponierten Standorten der Fall ist.

### Subventionen

**Schweiz:** Die Subvention der Nussbäume als Biodiversitätsförderfläche (BFF) setzt voraus, dass weniger als 100 Bäume pro Hektar stehen.

**EU:** Bei der Inanspruchnahme von Direktzahlungen dürfen nicht mehr als 200 Bäume pro Hektar gepflanzt werden.

**Tabelle 2: Terminaltragende Sorten**

Pflanzabstand (m)	Dichte (Bäume pro ha)	Bemerkung
12-15 x 12-15	39-69	Sehr tiefe Baumzahl für großkronige Sorten
10 x 10	100	Standardzahl

### Ertragspotential

Vollertrag nach 10 bis 20 Jahren; In einem extensiven System werden ohne Bewässerung im Vollertrag circa 1,5 Tonnen getrocknete Nüsse pro Hektar erzielt. Bei einer intensiven Behandlung mit Bewässerung und optimaler Düngung können circa 1,8 bis 2,5 Tonnen Ertrag erreicht werden.

**Tabelle 3: Lateraltragende Sorten**

Pflanzabstand (m)	Dichte (Bäume pro ha)	Bemerkung
5-8 x 8-9	Im Mittel: 150-50	Je dichter, desto früher der Vollertragseintritt.

### Ertragspotential

Vollertrag nach 10 bis 12 Jahren; Je dichter, desto früher der Vollertragseintritt; Der Ertrag in einem intensiven System beträgt circa 3 bis 4,5 Tonnen trockene Nüsse pro Hektar. Das setzt eine optimale Bewässerung und Düngung voraus und ist abhängig von der Sorte.



Auch bei diesen zehnjährigen Bäumen eggt der Bewirtschafter noch regelmässig einen Streifen entlang der Walnussstämme, sodass der Grasbewuchs nicht zu dominant wird.

## Agroforst

In Agroforstsystemen werden vor allem lateraltragende Sorten empfohlen, weil diese kleiner bleiben, und so weniger stark beschatten. Werden die Bäume zum Beispiel auf drei Meter aufgeastet, können sowohl die Früchte als auch das Stammholz genutzt werden.

Für eine geplante Holznutzung ist es empfehlenswert, den Haupttrieb von jungen Bäumen im Freiland zu schützen. Dies kann beispielsweise durch die Anbringung von Pfählen erfolgen, die über den Haupttrieb hinausragen, um zu verhindern, dass Vögel die Spitzen abbrechen.

### Ertragsminderung durch Gerbstoffe?

In Agroforstanlagen ist eine ausgeglichene Konkurrenz zwischen Bäumen und Unternutzung entscheidend. Bisher wurden jedoch wenige negative Auswirkungen an der Unterkultur durch die Gerbstoffe (Juglon) im Walnusslaub beobachtet. Allerdings fehlt es an Erfahrungen mit älteren Bäumen und möglicherweise höheren Gerbstoffgehalten in den Blättern.

## Stickstoff-Düngung

Eine intensive Nussplantage braucht viel Stickstoff (120 kg N/ha) und damit etwa zwei- bis dreimal mehr als Apfelbäume (40 bis 80 kg N/ha), je nach Ertrag. Vor allem in den ersten Jahren muss auf ausreichende Stickstoff-Düngung geachtet werden. Junge Bäume brauchen den Stickstoff besonders zwischen dem Austrieb im Frühjahr und Mitte Juli.



## Bewässerung

Der Walnussbaum benötigt Niederschläge von mindestens 700 mm pro Jahr. Optimal sind 900 bis 1100 mm Niederschlag, gut über das Jahr verteilt. Bei Jahresniederschlägen von mehr als 1200 mm kommt es zu einem erhöhten Krankheitsdruck.

Die Wasserversorgung der Bäume zwischen Mitte Juni und Mitte September beeinflusst die Entwicklung des Kerns.

### Auswirkungen von Wassermangel

- Zwischen Mitte Juni und Mitte September  
> geringerer Ertrag
- Im Juli  
> schrumpelige Nusskerne  
> schlechte Fruchtknospenbildung (betrifft Ertrag des Folgejahres)
- Wassermangel im August  
> dunkle Nüsse

Mit der globalen Klimaerwärmung kommen vermehrt Sommerdürren vor, welche den Ertrag drastisch senken können. In Erwerbsanlagen ist ein Bewässerungssystem unter mitteleuropäischen Klimabedingungen daher bei gewissen Sorten wie Lara, Planetensorten (nach Planeten benannte Sorten wie z.B. «Mars») und Bijounüssen zwingend notwendig. Bei anderen Sorten ist die Bewässerung zumindest in Erwerbsanlagen empfehlenswert, um einen regelmäßigen Ertrag zu gewährleisten.

Das Wasserspeichervermögen des Bodens kann auch durch Humusaufbau mit regelmäßigen Kompostgaben und mit einer Tiefenlockerung vor der Pflanzung erhöht werden.

### Richtwert für die Bewässerung

- Vollertragsanlage im Juli/August:  
100 m<sup>3</sup>/ Hektar; einmal alle 7 bis 10 Tage
- Bei durchlässigen Böden kleinere Gaben in geringeren Abständen
- Startzeit abhängig von Bodenprobe/  
Tensiometer; in der Regel nicht vor Mitte Juni

Kerne der trockenheitsanfälligen Sorte Mars nach dem sehr trockenen Sommer 2022 im Kanton Luzern. Die Mehrzahl der gereiften Früchte hatte einen eingeschränkten, bräunlichen oder kaum vorhandenen Nusskörper.

## Praxisbeispiel

# Nussproduzentengenossenschaft (Société coopérative nucicole SCN)

**Standorte:** Broyetal und weitere

**Mitglieder:** 30 Erzeuger\*innen

**Wirtschaftsform:** Bio und konventionell

**Bäume:** rund 11 000 Walnussbäume

Die Nussproduzentengenossenschaft SCN zählt rund 30 Erzeuger\*innen aus dem Broyetal und anderen Regionen, darunter fünf Biobetriebe.

Die Nüsse der insgesamt elftausend Walnussbäume werden in der Abnahmestelle von Cossonay gewaschen und getrocknet und anschließend in Lovatens sortiert. Ein Nussgebläse trennt hohle von vollen Nüssen. Die zu kleinen Nüsse gehen zum Knacken in eine Bündner Knackerei.

Derzeit vermarktet die Genossenschaft ihre Bio-nüsse aufgrund der geringen Mengen noch über den konventionellen Kanal im Einzelhandel.

Der Vorsitzende Oliver Pichonnat hat selbst rund 2000 Nussbäume auf seinem Betrieb gepflanzt. Die Hälfte davon im Abstand von 10 x 10 Meter, um von



Olivier Pichonnat vor der Sortieranlage in Lovatens.

den Direktzahlungen profitieren zu können, und die andere Hälfte im Abstand von 8 x 4 Meter für eine intensivere Produktion. Die Parzelle liegt zum Teil in einem Wassereinzugsgebiet, in dem das Pflügen und Düngen verboten ist. Der Wachstumsunterschied zwischen gedüngten und ungedüngten Bäumen nach 10 Jahren ist auffällig.



Die Pflanzdichte muss an die gewünschte Nutzung angepasst sein.

## Baumschnitt

### Zeitpunkt

Walnussbäumen, die zwischen Dezember und dem Frühlingsaustrieb geschnitten werden, «bluten» an den Schnittstellen. Normalerweise hat das keine gravierende Konsequenz für die Bäume. Sehr strenge Kälte sollte jedoch vermieden werden, da diese das Bluten sehr begünstigt. Erfahrung aus der Praxis haben gezeigt, dass Bäume meistens nicht bluten, wenn man sie in den ersten Januar oder Februartagen bei abnehmenden Mond schneidet.

Für eine optimale Wundheilung kann auch gleich nach dem Austrieb Anfang Mai geschnitten werden. Die zweite Junihälfte ist ebenfalls ein guter Zeitpunkt, dann wachen weniger Wasserschosse nach. Schnittmaßnahmen zwischen Ernte und Laubfall sind auch möglich, die Wundverheilung erfolgt aber erst im Folgejahr.

### Praxistipp

Wenn der Ast nach dem Schneiden sofort anfängt zu tropfen, ist es der falsche Zeitpunkt zum Schneiden.

### Stammhöhe

Bis der Stamm die gewünschte Höhe erreicht hat, sollten alle Seitentriebe sukzessive entfernt werden. Die ideale Höhe ergibt sich aus der geplanten Verwendung des Baumes, sowie durch Sorte und Herkunft. Bei einer beabsichtigten späteren Stammholznutzung ist eine Höhe von mindestens drei Metern sinnvoll. Je länger der Stamm, desto wertvoller. Jedoch vergehen mindestens 60 Jahre bis der Baum groß genug ist für die Holzernte.

Bei Bäumen, die nicht für eine Holznutzung vorgesehen sind, ist eine Höhe bis zum Kronenansatz von 1,80 bis 2,20 m sinnvoll. So können die Nüsse mit einer Maschine aufgelesen werden und die Krone ist für die Pflanzenschutzbehandlungen gut erreichbar. In einer Intensivanlage wird eine Stammhöhe von 1,4 bis 1,5 m empfohlen, damit die Pflege mit Maschinen gut ausgeführt werden kann.

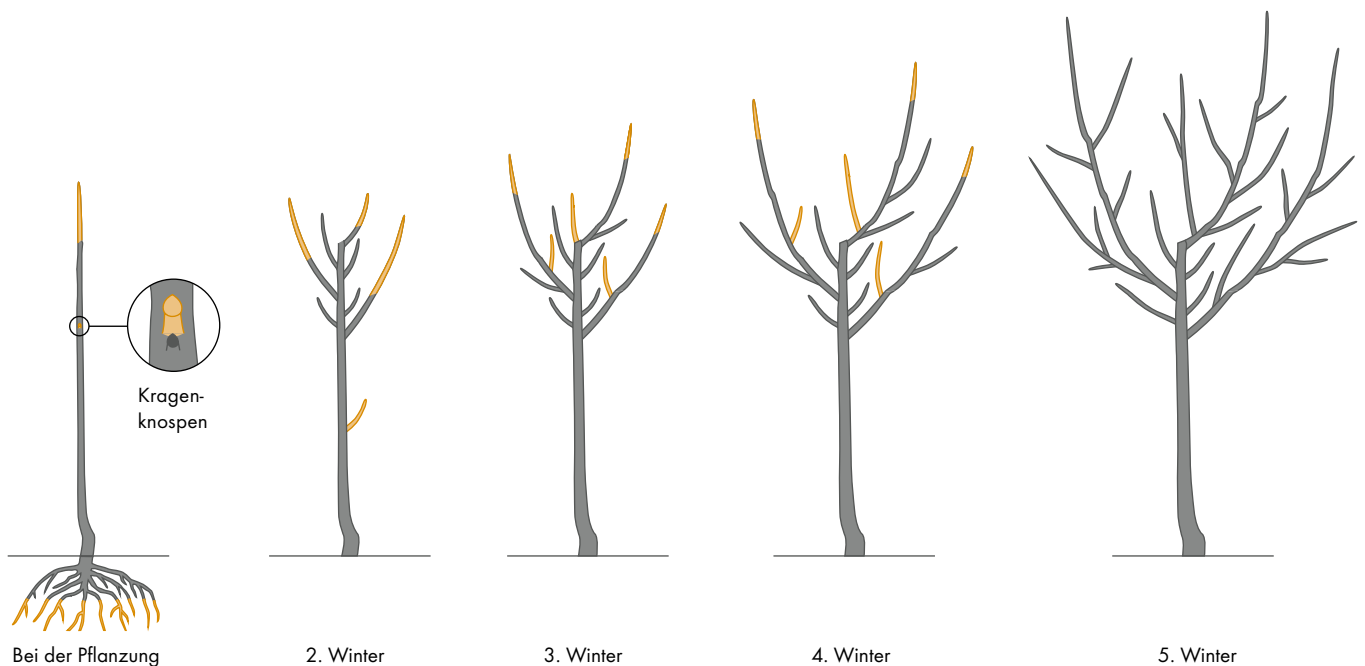
### Entfernen der Kragenknospen

Nussbäume besitzen in jeder Blattachsel zwei sichtbare Knospen (Kragenknospe und sekundäre Knospe) und ein schlafendes Auge. Um Leitäste zu generieren, müssen die großen gut sichtbaren Kragenknospen beim Austrieb abgeschnitten werden. So entsteht der Seitentrieb aus der sekundären Knospe. Diese sind rundum mit dem Stamm besser verwachsen und dadurch bruchsicherer bei Sturm als Triebe aus der Kragenknospe. Zudem haben sie einen offeneren Einsetzwinkel, wachsen also waagrecht.



Im ersten Jahr ist es beim Austrieb wichtig, die Kragenknospen auf der Hauptachse dort zu entfernen, wo die zukünftigen Leitäste entstehen sollen. Die Triebe, die aus den sekundären Knospen entstehen, haben einen offeneren Einsetzwinkel und sind robuster.

## Abbildung 1: Schnitt in der Jugendphase (Gobelet-Erziehung)



### Form

Bei einem Mitteltrieb werden 3 bis 4 Leitäste zusätzlich belassen. Ohne Mitteltrieb können 3 bis 5 Leitäste belassen werden (siehe Abbildung oben). Starke, unerwünschte Seitenäste sollten idealerweise bei maximal 5 cm Durchmesser herausgeschnitten werden.

### Intervall

In den ersten 3 bis 4 Jahren ist ein intensives Schneiden im Frühjahr und im Sommer vorteilhaft für die Entwicklung der Bäume. Sie wachsen in den ersten Jahren besser, wenn die Nüsse am Anfang des Sommers entfernt werden.

Nussbäume brauchen ab dem 5. Jahr keinen jährlichen Schnitt, aber für eine gute Nussproduktion je nach Sorte eine gelegentliche Auslichtung der Krone (alle 2 bis 3 Jahre). Dabei werden mit wenigen Schnitten ausreichend, aber nicht zu viele Äste entfernt: Ein gesunder Nussbaum reagiert auf radikales Zurückschneiden erst recht mit kräftigen Wassersprossen.

Geeignete Werkzeuge sind eine Teleskopsäge oder ein Hochentaster.



Beispiel eines Baumes, der mit drei Leitästen in einer Gobelet-Form erzogen wurde.

## Krankheiten und Schädlinge

Der Pflanzenschutz dient dem Erhalt von Baumgesundheit, Ertrag und Fruchtqualität. Je höher die Ansprüche an Ertrag und Qualität sind und je anfälliger die Sorten und ungünstiger der Standort, desto intensivere Maßnahmen sind nötig.

Vorbeugende Maßnahmen bilden die Grundlagen des biologischen Pflanzenschutzes. Dazu gehören:

- Standortwahl
- Sortenwahl
- Pflanzabstände wählen, welche eine gute Durchlüftung ermöglichen
- Lockere Baumkronen erziehen, die schnell abtrocknen
- Übermäßiges Triebwachstum durch zu hohe Nährstoffgaben und zu starken Schnitt vermeiden
- Hygienemaßnahmen, um das Infektionspotenzial zu mindern

Wenn direkte Pflanzenschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen, sind Zeitpunkt und Effizienz der Ausbringung von größter Bedeutung. Bei der Entscheidung ob und wann behandelt werden muss, helfen Prognosetools (RIMpro bei Marssonina), Fallen (Walnussfliege, Apfelwickler), visuelle Kontrollen sowie lokale Wetterprognosen und Beratungstipps.

In der Regel muss gespritzt werden, bevor Schäden erkennbar sind. Für die Entfaltung einer optimalen Wirkung der eingesetzten, auf Kontakt basierenden Pflanzenschutzmittel, ist eine gute Applikationstechnik mit einer Benetzung aller Baumpartien Voraussetzung. Dafür eignen sich Hochdruck-Gebläsespritzten mit Gun- oder einem Hochstamm-Aufsatz.

### Walnussbrand

*Xanthomonas arboricola p.v. juglandis*



Der Walnussbrand ist die häufigste, in Mitteleuropa auftretende Erkrankung der Walnuss. Ernteverluste von mehr als 50 Prozent sind möglich. Verursacher ist ein Bakterium, das sich im Frühjahr bei warmer, feuchter Witterung vermehrt. Es befällt vor allem Jungbäume im Ertrag und sehr alte Bäume. Die Baumgenerationen dazwischen sind in der Regel resistenter.

Das Bakterium überwintert in den Knospen, selten auf Trieben oder abgefallenen Blättern und Früchten. Innerhalb der Obstplantage wird das Bakterium hauptsächlich während der Blütezeit und dem Fruchtansatz durch Regenfälle, Insekten und Pollen verbreitet.

Bei einer Blüteninfektion werden die jungen Früchte oft vorzeitig abgestoßen. Später infizierte Früchte werden bis zum Kern schleimig und faul, schrumpfen und fallen ab.

### Wie erkennen?

- Schwarze Flecken auf Blättern und Nüsschellen: 1 bis 2 mm, eckig, wasserdurchzogen, von einem gelben Hof umgeben, durch die Blattadern begrenzt
- Unterschiede zur Marssonina-Krankheit: keine Pilzsporen auf der Blattunterseite (Lupe), Flecken mit gelbem Hof
- Bei Befall von jungen Nüssen: geschrumpfter, ungenießbarer Kern
- Bei spätem Befall: gelber, ungenießbarer Kern



### Wie vorbeugen?

- Wahl von robusten Sorten, luftigen Standorten und weiten Pflanzabständen
- Aufbau von lockeren Kronen
- Schnitt nur bis Mitte März, dadurch geringeres Infektionsrisiken durch Schnittwunden als Eintrittspforten
- Hygienemaßnahmen: Sauberhalten der Schnittwerkzeuge, Entfernen und Vernichten aller befallenen Pflanzenteile

### Wie direkt bekämpfen?

Mit Kupfer

- Behandlungen von der Blattenfaltung (Df2-Stadium) bis Ende der Blüte (Gf-Stadium), vor allem bei feuchter Witterung und hohem Befallsdruck (Vorjahresbefall, anfällige Sorten)
- Behandlungen vor Niederschlägen alle 10 bis 14 Tage je nach Witterung
- Nach 20 mm Niederschlägen (Abwaschverlust) Behandlung vor nächster Infektionsperiode wiederholen
- Im Durchschnitt drei Behandlungen
- Während des Fruchtwachstums bis Ende Juni bei gefährlichen Infektionsbedingungen eine zusätzliche Kupferbehandlung möglich; Kupferhöchstgrenzen beachten (im Schweizer Biolandbau: 3 kg pro ha und Jahr)



## Blattfleckenkrankheit

*Gnomonia leptostyla* oder  
*Marssonina juglandis*



Die Blattflecken der Blattfleckenkrankheit (oben) weisen im Gegensatz zu denen des Walnussbrands (S.16 rechts) keine gelb aufgehellten Umrandungen auf.

Die Blattfleckenkrankheit ist eine der weltweit bedeutendsten Pilzkrankungen der Walnuss. Sie tritt vor allem in feuchten Jahren auf und bei anfälligen Sorten auf und kommt oft in Kombination mit dem Walnussbrand vor.

Die Pilzsporen können auf abgefallenem Laub und in Fruchthüllen überwintern. Im Frühling werden die Sporen, als sogenannte Ascosporen, ausgeschleudert und infizieren die jungen Blattriebe (primäre Infektionsphase).

Während der sekundären Infektionsphase kann sich der Pilz über sogenannte Konidiosporen, welche aus den primären Infektionsherden ausgeschleudert werden, mit Hilfe von Wind und Regen ausbreiten.

Die optimale Temperatur für die Entwicklung des Pilzes liegt bei 21 °C., Kontaminationen sind ab 15 °C möglich. Der Prozentsatz der Sporen, die keimen, steigt mit der Dauer der Blatfeuchte. Er ist nach 24 Stunden am höchsten.



### Wie erkennen?

- Rundliche oder unregelmäßig eckige dunkelbraune bis schwarze, 2 bis 5 mm große Flecken auf den Blättern
- Bei feuchter Witterung, frühem Befall und anfälligen Sorten Laubfall bereits im Sommer
- Auf der Blattunterseite der Blattflecken kleine schwarze, meist in konzentrischen Ringen angeordnete Fruchtkörper (Acervuli) mit den Konidien
- Häufig große nekrotische Bereiche (zusammengewachsene Flecken) meist an der Blattspitze oder an den Blatträndern
- Tintenschwarze Nekrosen auf Blattadern, Blattstielen, jungen Trieben, häufiger aber auf den jungen Früchten
- Vorzeitiger Fruchtfall
- Trockenfaule, verpilzte Nusskerne

### Wie vorbeugen?

- robuste Sorten, gut durchlüftete, schnell abtrocknende Standorte und weite Pflanzabstände wählen
- Aufbau von lockeren Kronen
- Zur Förderung des Pilzabbaus Laub nach dem Blattfall aus der Anlage entfernen oder dieses mulchen und in den Boden einarbeiten
- Jungtriebe in Bodennähe bei jungen Bäumen entfernen

### Wie direkt bekämpfen?

- Das RIMPRO Marssonina-Modell für Äpfel kann auch für die zeitliche Bestimmung wichtiger Infektionsereignisse der Blattfleckenkrankheit an Walnussbäumen genutzt werden, da die Bedingungen für Infektionen ähnlich sind. Wie gegen Marssonina im Apfelanbau ist es wichtig, die primäre Infektionsphase möglichst gut abzudecken, um möglichst wenige sekundäre Infektionen zuzulassen.
- Bei hoher Infektionsgefahr (RIMpro-Prognose, anfällige Sorten, Vorjahresbefall) vor Niederschlägen saure Tonerdepräparate (Mico-Sin, Argolem) einsetzen
- Kupferbehandlungen gegen Walnussbrand weisen eine Teilwirkung gegen Marssonina auf.

### Pflanzenschutzprognosen für die Schweiz:

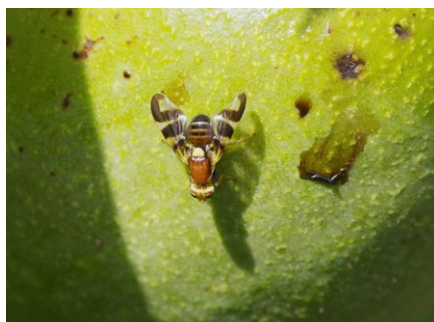
[bioaktuell.ch/obstbau](http://bioaktuell.ch/obstbau) > Pflanzenschutz > Prognosen

### International:

[rimpro.eu](http://rimpro.eu) (kostenpflichtig)

## Walnussfruchtfliege

*Rhagoletis spec.*



Die Walnussfruchtfliege kommt erst seit 1987 in Italien und seit 1989 in der Schweiz vor. Es handelt sich um eine nahe Verwandte der Kirschfruchtfliege.

Die Walnussfruchtfliege bildet pro Jahr nur eine Generation. Die Fliegen erscheinen ab Mitte Juli bis Ende August mit der Hauptflugzeit um Ende Juli bis Anfangs August. Die Paarung erfolgt 6 bis 8 Tage nach dem Schlüpfen, die Eiablage in die grünen Fruchtschalen 1 bis 2 Wochen nach der Paarung. Die Weibchen legen bis zu 400 Eier und bis zu 20 je Nuss. Nach circa 5 Tagen schlüpfen die Larven und fressen im inneren der Fruchtschale. Nach drei bis fünf Wochen verlassen sie die Schale und fallen alleine oder in den befallenen Früchten zu Boden, wo sie sich verpuppen und überwintern.

Ein früher Befall durch die Fruchtfliege hemmt die Reifung der Kerne, führt zu geschrumpften Nüssen oder leeren Schalen und zu frühzeitigem Fruchtfall. Die Walnussfliege ist sehr ortstreu. Sie befällt meistens die Nüsse des Baumes unter dem sie überwintert hat.

### Wie erkennen?

- 4 bis 6,5 Millimeter lange Fliegen mit hellgelbem bis orangenem Thorax und Abdomen
- Flügel mit drei braune Querbänder
- Maden weißlich bis gelblich, 8–10 mm lang, etwa 2 mm dick
- Befallene Nüsse bräunlich verfärbt
- Schnelles Schwarzwerden der Fruchtschale im August und September

- Fruchtschale schmierig, kann praktisch nicht mehr von der Nussschale entfernt werden
- Holzkörper der Nussschale stellenweise braun bis schwarz verfärbt
- Im Inneren der Fruchtschale weißliche bis gelbliche Maden gut erkennbar
- Verwechslungsgefahr mit den ähnlichen Symptomen des Bakterienbrandes und der Blattfleckenkrankheit, aber keine Blattsymptome

### Wie vorbeugen?

- Ab Ende Juni zur Kontrolle des Flugbeginns und zur Teilreduktion der Fliegen gelbe Klebefallen in den Nussbäumen aufhängen
- Ab Flugbeginn ein feinmaschiges Netz oder eine wasserdurchlässige Folie unter dem Baum auslegen; vorgängig den Unterwuchs kurz schneiden/mulchen
- Die Abdeckung verhindert, dass die Fliegen nach dem Schlüpfen aus dem Boden wegfliegen. Im Herbst kann die Bodenabdeckung heruntergefallene Früchte auffangen und das Einwandern der Larven in den Boden verhindern.
- Abgefallene und befallene Früchte einsammeln und entsorgen, bevor die Maden die Fruchtschalen verlassen haben
- Hühner unter den Bäumen picken die Puppen aus dem Boden.

- Weniger anfällige Sorten wählen: Allgemein zeigen frühe Sorten und solche mit einer dünnen grünen Nussschale eine geringere Befallsneigung als späte Sorten und Sorten mit einer dicken grünen Nussschale.
- Wilde und ungepflegte Nussbäume entfernen, um die Ausbreitung zu reduzieren

### Wie direkt bekämpfen?

Mit Kaolin

- 2 % (32 kg/ha) Kaolin (Surround) ab Flugbeginn (Fallenkontrolle)
- Behandlung alle 7 bis 10 Tage
- Maximal 4 Behandlungen pro Jahr. Brühmenge 800 bis 1000 l/ha

## Apfelwickler

*Cydia pomonella*



Der Apfelwickler schädigt besonders Äpfel, aber auch andere Obstsorten, Esskastanie und Walnuss.

Die Eiablage erfolgt an haselnussgroßen und noch weichschaligen Früchten. Die Larve bohrt sich bis in den Kern und zerstört ihn. Aufgrund des hohen Bitterstoffgehalts dauert die Larvenentwicklung an der Walnuss im Vergleich zum Apfel länger.

Die Larven des Apfelwicklers überwintern in einem Kokon in der Streu nahe dem Stamm oder unter der Rinde und verpuppen sich im Frühling. Zwischen Anfang Mai und Ende September fliegen die jungen Apfelwickler aus. Die zweite Generation schlüpft ab Juli. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist der Apfelwickler an Walnüssen in der Regel kein Problem, wenn sich in der Nähe viele Apfelbäume befinden, die er vorzugsweise befallt.

### Wie erkennen?

- Ein Zentimeter großer Falter, unauffällig und grau
- Bronzefarbiger Fleck an den Enden der Flügel
- Jungen Raupen rosa bis weißlich, ältere rosa gefärbt mit dunklen Warzen und braunem Kopf und Nackenschild
- Loch auf der Nussoberfläche, umgeben von abgestorbenem dunkel gefärbtem Gewebe und Kotpuren

### Wie vorbeugen?

- Pheromonfalle zur Flugüberwachung ab Anfang Mai; Falle zweimal pro Woche kontrollieren
- Schadschwelle 1. Generation: 6 Fänge an 6 aufeinanderfolgenden Tagen; 2. Generation: 10 Fänge an 6 aufeinanderfolgenden Tagen
- Nematoden im Bereich der Baumscheiben ausbringen
- Früchte vollständig ernten und auflesen
- Netze unter der Baumkrone gegen die Walnussfruchtfliege reduzieren auch teilweise den Apfelwickler

### Wie direkt bekämpfen?

- Verwirrungsmethode mit Pheromonen
- Bei hohem Befall im Vorjahr zusätzliche Behandlung mit einem Apfelgranulosevirus zur Populationsreduktion

## Frost- und Fraßschäden

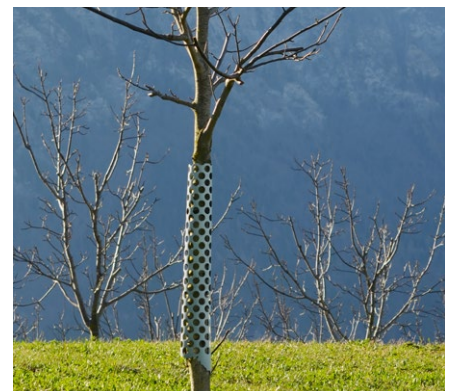


Im Winter können schockartige Frostereignisse nach einer milderen Periode Astpartien oder ganze Bäume zum Absterben bringen. Im Frühjahr können Spätfrost zum Absterben der Triebe und somit zum Ertragsausfall führen. Frostrisse verheilen zwar oft wieder, sie schwächen jedoch den Baum und stellen Eintrittspforten für Pilze, Bakterien und Schädlinge dar.

Mit dem Anbringen eines weißen Stammenstriches im Spätherbst kann vor allem bei Jungbäumen die Gefahr von Frostschäden reduziert werden.

Weitere Schäden können auch durch Krähen, Elstern und Eichhörnchen entstehen. Diese Tiere fressen sehr gerne Nüsse und sammeln diese auch für den Winter.

Feld- und Schermäuse interessieren sich aufgrund der Gerbstoffe nicht besonders für die Wurzeln der Walnuss und sind somit nicht problematisch.



Ein Baumschutz am Stamm schützt den Baum vor Wildschäden.

## Vorgehen und Technik bei der Ernte

### Vorbereitungen und Erntezeitpunkt

Sobald im Herbst die grünen Hüllen der Walnüsse aufreißen, beginnt die Ernte. Sie reicht von Ende September bis circa Mitte Oktober. Die Reifezeit dauert 3 bis 4 Wochen, meistens ist mit 3 bis 5 Erntedurchgängen zu rechnen.

Damit die Nüsse einfacher aufgelesen werden können, sollte das Gras vor der Ernte tief gemäht werden. Beim ersten Erntedurchgang im Jahr werden vor allem die schlechten Walnüsse aufgelesen und anschließend kompostiert. Um Schimmelflecken auf der Schale und Pilzkrankheiten in der Nuss zu vermeiden, sollten die Nüsse mindestens zweimal pro Woche aufgelesen werden.

Werden die Nüsse unreif abgeschlagen, so schrumpft der Kern beim Trocknen zusammen und kann nicht mehr verwertet werden. Deshalb werden die Bäume nur für den letzten Durchgang geschüttelt. Das kann per Hand oder mit einem Schüttelgerät erfolgen.

Tierfäkalien können die Nüsse bei der Ernte durch direkten Kontakt verunreinigen, was sowohl

bei Tafel- als auch bei Kernnüssen problematisch ist. Deshalb sollte die Walnussanlage in Ertragsplantagen ab Mitte Juni nicht mehr beweidet und kein Hofdünger mehr ausgebracht werden. Nüsse aus Hühnerausläufen sollten nicht vom Boden aufgelesen werden. In diesem Fall werden Systeme angeraten, bei denen die Nüsse den Boden nicht berühren. Das ist auch Bedingung mancher Handelsnormen, zum Beispiel der Schweizer Produzent\*innen-Vereinigung Bio Suisse.

### Erntetechnik

Walnüsse können maschinell oder von Hand aufgesammelt werden. Eine Mechanisierung der Ernte ist nur bei einer ausreichenden Baumzahl rentabel. Außerdem muss die Fläche dafür befahrbar sein, ohne Bodenschäden zu verursachen.








Bei einer Pflanzung unterschiedlicher Sorten ist zu bedenken, dass sich dadurch das Erntefenster und damit auch der Aufwand vergrößert.

Die Tabelle auf Seite 21 zeigt, welche Maschine für welche Anlagengröße Sinn macht.



Die Ernte mit Netzen kann sich für kleine Flächen und engstehende Bäume lohnen.

**Tabelle 4: Erntetechnik**

Erntegerät	Beschreibung	ca. CHF	
<b>Nussammler, Roll-Blitz</b> feucht-obsttechnik.de > <a href="#">Rollblitz</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Bücken</li> <li>Drahtkorb passt sich dem Untergrund und Obst an</li> <li>Keine Aufnahme von Laub und Ästen</li> <li>Eignet sich sehr gut für Betriebe mit sehr wenig Bäumen (&lt; 10)</li> <li>Aufwendig, nicht für grosse Anlagen geeignet</li> </ul>	< 100	
<b>Obstauflesemaschine «Obstraupe», Silver Fox 04</b> organic-tools.com > <a href="#">Obstraupe</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leistung 400 kg/Std bei trockenen Bedingungen</li> <li>Für Obst und Nüsse</li> <li>Kompakter Transport</li> <li>Akku kann über 230 V Steckdose geladen werden</li> <li>Vorreinigung von Laub- und Grasresten mit Laubbürste (trotzdem Sortieraufwand am Ende der Ernte bei grossem Falllaubvorkommen nicht unterschätzen)</li> </ul>	3000	
<b>Rucksackstaubsauger</b> fershop.de > Garten > Gartenmaschinen > Gebläse und Staubsauger > <a href="#">Rucksack 75 Tube</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kann auch in schwierigem Gelände mit vielen Unebenheiten eingesetzt werden</li> <li>Häufiges Entleeren notwendig</li> </ul>	1000	
<b>Nussauflesemaschine, OB 40 Electric, handgeführt</b> feucht-obsttechnik.de > obsternetechnik > <a href="#">obstauflesemaschinen</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>700 bis 1500 kg/Std</li> <li>Emissionsfrei und geräuscharm</li> <li>Elektromotor mit Vorwärts- und Rückwärtsgang</li> <li>Mechanisierte Alternative für händisches Auflesen von kleineren Obstanlagen</li> </ul>	3500	
<b>Nussauflesemaschine OB80hydro, handgeführt</b> feucht-obsttechnik.de > obsternetechnik > <a href="#">obstauflesemaschinen</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2,5 bis 4 t/Std</li> <li>Für mittelgroße Anlagen</li> <li>Arbeitsbreite 80 cm</li> </ul>	13 000	
<b>Nussauflesemaschine OB80R</b> feucht-obsttechnik.de > obsternetechnik > <a href="#">obstauflesemaschinen</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leistung bis 4 t/Std</li> <li>Kleinste Aufsitzmaschine</li> <li>Für große Anlagen</li> <li>Arbeitsbreite 80 cm</li> </ul>	24 000	
<b>Nussauflesemaschine, R19 Harvester aus Beaulieu</b> www.amb-rousset.com > harvesters > <a href="#">R19-harvester</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>45 bis 75 Min/ha</li> <li>Große Aufsitzmaschine</li> <li>Teuer, nur sinnvoll für größere Plantagen oder Maschinenringe</li> <li>Nicht geeignet für Hanglagen in feuchten Jahren</li> </ul>	auf Anfrage	

## Nacherntebehandlung

### Waschen und Separieren

Spätestens 16 Stunden nach der Ernte sollten die Walnüsse gewaschen werden, sonst entstehen Flecken auf den Schalen. Während dem Waschen werden die Nüsse von Erd- und Schmutzresten sowie von Resten der grünen Außenschale befreit.

Bei Kleinbetrieben funktioniert das Waschen am besten mit einem Hochdruckreiniger und einem Gitterkorb oder einer durchlässigen Kiste (Einfüllschicht circa 8 bis 10 cm hoch). Die Nüsse dürfen nicht zu lange im Wasser liegen, sonst dringt das Wasser durch die Schale ein. Die Nüsse können zum Waschen auch an Dienstleistungsbetriebe abgegeben werden.

Anschließend separiert ein Gebläse hohle Nüsse von vollwertigen Nüssen im Luftstrom. Unmittelbar nach dem Waschen und Separieren sollte die Trocknung erfolgen.

### Trocknung der Walnüsse

Das mitteleuropäische Herbstklima ist oft zu feucht, um die Nüsse im Freien unter der Sonne zu trocknen. Es besteht ein erhöhtes Risiko für die Bildung von Mykotoxinen. Mykotoxine sind Giftstoffe, die durch entstehende Lagerpilzen gebildet werden.

Kleine Mengen von Nüssen für den Eigenbedarf können jedoch in Gitterrosten in der Nähe eines Ofens im Haus mit einem Umluftgebläse getrocknet werden.

Größere Mengen für den Verkauf können in Kisten mit Gitterrosten trocknen. Bei diesem Verfahren wird mit einem Ventilator 25 bis 30 °C heiße Luft durch die Gitter geblasen.

Eine Trocknung ohne Heizgebläse für Nüsse, welche für den Verkauf vorgesehen sind, wird nicht empfohlen, weil dann das Vorkommen von Mykotoxinen nicht ausgeschlossen werden kann. Aber Achtung: Bei Heiztemperaturen von mehr als 32 °C können die Nüsse schneller ranzig werden.

Nüsse für den Handel müssen zwingend separiert und kalibriert (sortiert) werden. Leere Nüsse werden in einem Luftstrom aussortiert. Wer Biowalnüsse in den Handel bringt, muss außerdem regelmäßig Stichproben auf das Mykotoxin Aflatoxin (*Aspergillus flavus*) untersuchen lassen.



Mit der Waschanlage auf dem Nusshof von Familie Siegrist in Dotzingen im Kanton Bern können auch größere Erntemengen bearbeitet werden.



Die Anlage der Nuss Thurgau AG in Hörhausen besteht aus Waschmaschine (rechts), Steinseparator (Mitte), und Wasch- und Enthüllungsmaschine (rechts).

### Luftfeuchtigkeit

Die Trocknungsluft sollte eine relative Luftfeuchtigkeit von höchstens 40 % haben. Ein Temperaturanstieg von 1 °C führt zu einer Trocknung der Luft um 5 %. Wichtige Kennzahlen sind also die anfängliche Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft. Dann kann die die Temperatur soweit erhöht werden, bis die Luftfeuchtigkeit 40 % erreicht.

Wenn der Unterschied zwischen der Außentemperatur und der Trocknungstemperatur 10 °C übersteigt, besteht bei empfindlichen Sorten die Gefahr, dass die Nüsse sich spalten (Dehiszenz).

### Luftstrom

Bei der Trocknung in größeren Behältern muss zwischen 1500 und 2000 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde und m<sup>3</sup> Nüsse durchgeleitet werden. Wenn die Nüsse einen Meter hoch aufeinander liegen, ist dafür ein Druck von etwa 200 Pa (20 mbar) erforderlich.

#### Den Luftstrom messen

Die notwendige Luft-Durchflussrate wird erreicht, wenn sich ein Papierblatt (DINA4; 80 g/m<sup>2</sup>) 2 bis 5 mm von der Oberfläche der Walnüsse löst

- 1/2 Blatt: 1000 m<sup>3</sup>/Std und m<sup>2</sup>
- 1/8 Blatt: 1200 m<sup>3</sup>/Std und m<sup>2</sup>

### Trocknungsdauer

Für die Lagerung werden Walnüsse bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von maximal 12 % mit der Schale oder maximal 8 % ohne Schale getrocknet. Je schneller die Nüsse nach der Ernte getrocknet werden, desto besser ihre Qualität. Unter optimalen Bedingungen von Temperatur und Luftstrom trocknen die Nüsse innerhalb von maximal drei Tagen. Bei besonders großen Nüssen (wie Bijouxnüssen) kann die Trocknungszeit bis zu vier Tage betragen.

Trocken sind die Nüsse, wenn die Trennhäute beim Öffnen knacken. Kleine Betriebe mit wenig Bäumen können sich gut auf dieses Anzeichen verlassen.



In einer Nusstrocknungsanlage werden die Nüsse maschinell getrocknet. Oben ist die Anlage der Nuss Thurgau AG in Hörhausen abgebildet.



Die Firma Feucht Obsttechnik bietet Geräte für Kleinbetriebe für die Trocknung der Nüsse an, hier der Trockner Mini.

### **Frische Walnüsse als Delikatesse**

In gewissen Regionen werden Walnüsse auch frisch und ohne Trocknung als Delikatesse verkauft, sogenannte Frischnüsse. Diese müssen im Kühlschrank aufbewahrt werden und sollten bald verzehrt werden, sonst besteht Schimmelfahrer. Der Markt für frische Walnüsse ist aufgrund der begrenzten Lagerbarkeit (drei Wochen maximal) und der Kühlkettenpflicht aber sehr überschaubar.

Frische Nüsse in der Schale müssen einen Feuchtigkeitsgehalt von mindestens 20% aufweisen. Vorzugsweise wird die dünne Haut um die Kerne abgezogen, da sie einen bitteren Geschmack hat. Die Sorte Lara ist frei von Bitterstoffen und muss nicht geschält werden. Bei Tafelnüssen dagegen verringert der Trocknungsprozess den Bitterstoffgehalt.

Für den Handel in größerem Stil lohnt es sich ein Feuchtigkeitsmessgerät anzuschaffen. Für das Bestimmen der Restfeuchte von Walnüssen werden die getrockneten Nüsse mit der Schale zerkleinert und als Probe in die Messkammer gegeben. Dann kann das Ergebnis auf dem Gerät abgelesen werden. Die Messung sollte dreimal wiederholt werden, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten.

Manche größere Trocknungsanlage kann den Unterschied von Temperatur und Luftfeuchtigkeit zwischen ein- und ausströmender Luft und damit den Trocknungsgrad der Nüsse ermitteln.



Als einziges «Nussprodukt», das nach dem Knacken geschält werden muss, überraschen die frischen Walnüsse durch ihre Frische, ihren weißen Kern und ihren unnachahmlichen «Nussmandel»-Geschmack.

### **Dienstleistungsangebote und Marktinformationen Schweiz**



**BIO**Aktuell.ch

bioaktuell.ch > Markt > Produkte > Obst  
> [Baumnüsse](#)



## Lagerung und Verarbeitung

### Tafelnüsse lagern

Zum Lagern eignen sich luftdurchlässige Säcke oder Netze, die an einer gut belüfteten Stelle aufgehängt werden. Es sollte auf den Schutz vor Nagern und Dörrobstmotten geachtet werden. Letztere werden ab Temperaturen von 16 °C aktiv. Bei einer Kernfeuchtigkeit von 8 % sind die Nüsse bei 10 °C und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit bis zu einem Jahr haltbar.



Der Feuchtigkeitsgehalt und die optimale Trocknungsdauer kann anhand eines Feuchtigkeitsmessgerät bestimmt werden.

Sollten die Nüsse länger als ein Jahr aufbewahrt werden, können sie im Ganzen oder als Kerne bei minus 20° C tiefgekühlt werden.

Die Walnüsse sollten immer wieder auf Schimmel kontrolliert werden, um ein Vorkommen von giftigen Mykotoxinen auszuschließen.

#### Praxistipp

Außen verschimmelte Walnüsse sind auch im Inneren verschimmelt. Sie sollten daher entsorgt werden. Für den Handel ist eine Laboranalyse erforderlich, eine visuelle Kontrolle genügt nicht.



Vakuumiert gehen die gebrochenen Walnusskerne der swiss nuss AG unter anderem an Bäckereien.

### Knacken der Nüsse

Um ein Kilo Nusskerne zu erhalten, müssen ungefähr 2,5 Kilo trockene Nüsse geknackt werden. Bei Tafelsorten ist von einem Kernanteil von 40 bis 45 % auszugehen, bei Sämlingsnüssen liegt der Kernanteil tiefer. Ab einer bestimmten Menge lohnt sich auch die Anschaffung einer eigenen Knackmaschine, welche von Hand bedient werden kann. Damit lassen sich bis zu 15 kg Nüsse pro Stunde knacken. Nüsse, welche sich von Hand jedoch schlecht knacken lassen, können auch von der Maschine nur schlecht geknackt werden. Zum Beispiel wenn die Kerne mit der Schale verwachsen sind, wie es bei Sämlingsnüssen häufig der Fall ist.



Mit einem Handknacker und etwas Übung lassen sich bis zu 15 kg Nüsse in der Stunde knacken.

## Walnussöl

Walnussöl ist aufgrund seines hohen Gehalts an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sehr gesund. Es wird sowohl für diverse Gerichte, Backwaren und Salate, als auch im Kosmetik- und Heilmittelbereich eingesetzt. Kühl, trocken und lichtgeschützt gelagert ist das Walnussöl bis zu zwei Jahre haltbar. Ölmühlen bieten das Pressen der Walnusskerne als Dienstleistung an. Die Nüsse können meist wahlweise direkt nach der Ernte oder bereits gewaschen und getrocknet abgegeben werden. Auch hier gilt besondere Vorsicht mit schimmlichen Nüssen. Chargen mit Schimmelbefall werden nicht angenommen.

Es gibt verschiedene Verfahren, um die Walnüsse zu pressen: Die Kaltpressung mit Schale ist besonders für schlecht knackbare Nüsse geeignet. Im Gegensatz dazu kann bei der Kaltpressung ohne Schale der übrig gebliebene Presskuchen zum Beispiel zu Pesto weiterverarbeitet werden. Auch kann daraus Mehl für Brote, Kuchen oder auch Omeletts gemahlen werden.



Die Herstellung von Walnussöl erfolgt mit einer Ölpresse, hier von der Nussöli in Wilen Gotthaus SG.

### Ausbeute Kaltpressung:

1 kg Nusskern > 4 bis 6 dl Öl (40-60%)

1 kg Nuss mit Schale > 1,6 bis 2,4 dl Öl (16-24%)

**Tabelle 5: Zugelassene Extraktionsverfahren in der Schweiz**

Verfahren	Schweizer Bioverordnung	Bio Suisse / Demeter
Extraktion mit organischen Lösungsmitteln, chemische Modifikation oder Neutralisation mit NaOH	Nein	Nein
Warmpressung ohne Schale nach alter Tradition (Auslauftemperatur > 50 °C)	Ja	Nein
Kaltpressung mittels Schneckenpresse ohne Schale oder mit Schale (Auslauftemperatur < 50 °C)	Ja	Ja

## Praxisbeispiel

# Die Walnussverarbeitung – Öl aus der ganzen Nuss

**Standort:** Wilen-Gotthaus, Kanton Thurgau  
**Spezialisiert auf:** Produktion und Weiterverarbeitung von Walnüssen

Niklaus und Iris Allenspach in Wilen-Gotthaus im Kanton Thurgau, haben sich auf ihrem landwirtschaftlichen Betrieb auf die Produktion und Weiterverarbeitung von Walnüssen spezialisiert. Im Winter produzieren sie auch aus ganzen Walnüssen mit Schale gepresstes Walnussöl. Mittlerweile bedienen sie rund 500 Kunden, die ihre Nüsse bringen und zu Öl pressen lassen.

Das Pressen der ganzen Walnüsse ist eine Besonderheit und eignet sich auch für kleine Nüsse, wie Niklaus Allensbach erklärt: «Kleine Walnüsse bis 28 mm Durchmesser füllen die Schale gut aus und sind besonders gut zum Pressen geeignet.» Die in der Schweiz entwickelte Nusspresse hat Niklaus Allenspach selber umgebaut.

Da die Nüsse samt Schale gepresst werden, ist es wichtig, dass sie sauber und trocken sind.



Niklaus Allenspach hat seine Trocknungsanlage in Wilen-Gotthaus im Kanton Thurgau selbst konstruiert.

Ungewaschene Nüsse werden deshalb gründlich gesäubert, in der Trocknungsanlage getrocknet und schlussendlich in einem Gebläse sortiert. Nach dem Pressen wird das Öl in der selbst konstruierten Filtrierpresse geklärt.

Um einen Liter Öl zu gewinnen, werden etwa 5 kg ganze Nüsse benötigt. Das aus ganzen Nüssen gepresste Öl schmeckt «besonders nussig» und ist reich an lebensnotwendigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Kühl und dunkel gelagert ist es mindestens ein Jahr haltbar.

## Weitere Informationen



**BIOAktuell.ch**

[bioaktuell.ch](https://bioaktuell.ch) > Markt > Produkte > Obst > [Baumnüsse](#)



**BIOAktuell.ch**

[bioaktuell.ch/obstbau](https://bioaktuell.ch/obstbau) > [Andere Obstarten](#)

### Bezug von Walnussbäumen in der Schweiz

In biologischer Qualität:  
[bioaktuell.ch/adressen](https://bioaktuell.ch/adressen) > Obstbau und Beeren > [Pflanzgut](#)

In konventioneller Qualität:  
Nuss-Baumschule Gubler AG, [nussbaeume.ch](https://nussbaeume.ch)

### Pflanzung und Pflege

[nussbaeume.ch](https://nussbaeume.ch) > Tips > [Pflanzung](#) > [Pflege](#)

[noixsudouest.fr](https://noixsudouest.fr) > [fiches techniques](#)

### Trocknung und Verarbeitung

[swissnuss.ch](https://swissnuss.ch)

[fructus.ch](https://fructus.ch) > verarbeitung > [nuesse-trocknen](#)

[walnussbaum.info](https://walnussbaum.info) > Ratgeber > [walnuesse-trocknen](#)

[feucht-obsttechnik.de](https://feucht-obsttechnik.de) > nussverarbeitung > [Feuchtigkeit messen](#)

[noixsudouest.fr](https://noixsudouest.fr) > [Fiche technique noix no-11 \(2001\): Le séchage des noix](#)

### Pflanzenschutz

[pflanzenkrankheiten.ch](https://pflanzenkrankheiten.ch) > Diverse Kulturen > [Walnuss](#)



## Referenzen

Garcin, A., Germain, E., Pru-Net, J. (1999): Le Noyer. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes CTIFL. Verlag TEC & DOC, ISBN 2-87911-104-8

Böllersen, V. (2019): Revival der Walnuss, OLV Organischer Landbau Verlag. ISBN 978-3-922201-95-3

Bergougnoux, F., Granier, J. (2006): [Phénologie des espèces fruitières et fruits rouges](#). Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes CTIFL, ISBN 978-2879111353

Lestrade, M., Becquey, J., Coello, J., Gonin, P., Bruno, E. (2012): [Autécologie du Noyer commun](#). Forêt-entreprise n° 207 - novembre 2012.

Lavialle, E., Charlot, G., Prunet, J. (1993): Station d'expérimentation de Creysse. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes CTIFL, ISBN 978-2-87911-043-1

Charlot, G., Prunet, J. (1993): Le séchage des noix - Guide pratique. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes CTIFL, ISBN 978-2-87911-043-1

Maurer, J., Brönnimann, A. (1999): Der Walnussanbau in der Schweiz. UFA-Revue 11/99

Brönnimann, A. (2000): Der Walnussbaum und seine Produkte. UFA-Revue 11/99

Das Merkblatt steht unter [shop.fibl.org](http://shop.fibl.org) auch zum kostenlosen Download zur Verfügung.

Alle Angaben in diesem Merkblatt basieren auf bestem Wissen und der Erfahrung der Autor\*innen. Trotz grösster Sorgfalt sind Unrichtigkeiten und Anwendungsfehler nicht auszuschliessen. Daher können Autor\*innen und Herausgeber keinerlei Haftung für etwa vorhandene inhaltliche Unrichtigkeiten, sowie für Schäden aus der Befolgung der Empfehlungen übernehmen.

© 2024 FiBL

Für detaillierte Copyright-Informationen: [fibl.org/de/copyright](http://fibl.org/de/copyright)

## Impressum

### Herausgeber

Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, 5070 Frick, Schweiz  
Tel. +41 (0)62 865 72 72  
[info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [fibl.org](http://fibl.org)

Bio Suisse

Peter Merian-Strasse 34, 4052 Basel, Schweiz  
Tel. +41 (0)61 204 66 66  
[bio@bio-suisse.ch](mailto:bio@bio-suisse.ch), [bio-suisse.ch](http://bio-suisse.ch)

**Autorinnen und Autoren:** Thierry Suard, Lena Caminada, Sara Amsler, Andi Häseli (alle FiBL Schweiz)

**Durchsicht:** Heinrich Gubler (Nuss Thurgau AG), Christoph Gubler (Nussbaumschule Hörhausen TG), Timon Lehmann (Biofarm Genossenschaft), Claire Legrand (UFL)

**Redaktion:** Simona Moosmann, Vanessa Gabel (FiBL Schweiz)

**Gestaltung:** Sandra Walti (FiBL)

**Illustrationen:** Phänologiestadien S.6 und 7 mit freundlicher Erlaubnis des «Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes» CTIFL

**Fotos:** Simona Moosmann, FiBL: Titel, S.2, 5, 10, 14, 19 unten, 25 oben rechts, 28; Josy Tamarcaz: S.3 links, S.4, S.10; Thierry Suard, FiBL: S.3 rechts, 13, 14, 22 rechts, 23 oben; Lena Camida, FiBL: S.16 links, 21 2. v. oben, 22 links, 23 unten, 26 unten, 27; Radek Vávra, Forschungs- und Zuchtinstitut für Pomologie Tschechien: S.10; Heinrich Gubler, Nussbaumschule: S.16 rechts, 17 links; Armin Lang, Nussproduzent: S.12; saraTM, IStock: S.16; Jerzy Opióła, Wikimedia commons: S.17 mitte; Buchstapler, Wikimedia commons: S.18 links; Walpole, Wikimedia commons: S.18 mitte; Pumpel 43, Wikimedia commons: S.18 rechts; Clémence Boutry, FiBL: S.19 links; Jochen Kreiselmair: S.19 mitte; Wikimediaimages, Pixabay: S.19 rechts; Firma Feucht Obsttechnik: S.21 1. und 4.-6. v. oben, 24, 25; Firma AMB Rousset: S.21 unten; Firma Cifarelli: S.21 3. v. oben; Halil Ekinci, Pixabay: S.24.

**DOI:** 10.5281/zenodo.10817422

**FiBL Art.-Nr.:** 1757